

대한민국 특허청
KOREAN INTELLECTUAL
PROPERTY OFFICE

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원번호 : 10-2003-0014134
Application Number

출원년월일 : 2003년 03월 06일
Date of Application MAR 06, 2003

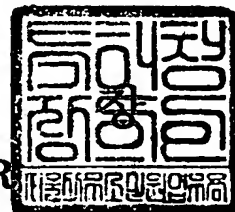
출원인 : 한국과학기술원
Applicant(s) Korea Advanced Institute of Science and Technology



2003 년 06 월 16 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】 특허출원서
【권리구분】 특허
【수신처】 특허청장
【제출일자】 2003.03.06
【발명의 명칭】 고차 조화파 엑스선 발생장치 및 방법, 그리고 고차 조화파 엑스선을 이용한 바늘구멍 에돌이 간섭계
【발명의 영문명칭】 APPARATUS AND METHOD FOR GENERATING HIGH HARMONIC X-RAY, AND POINT DIFFRACTION X-RAY INTERFEROMETER USING HIGH HARMONIC X-RAY
【출원인】
【명칭】 한국과학기술원
【출원인코드】 3-1998-098866-1
【대리인】
【성명】 이원희
【대리인코드】 9-1998-000385-9
【포괄위임등록번호】 1999-004558-0
【발명자】
【성명의 국문표기】 남창희
【성명의 영문표기】 NAM, Chang Hee
【주민등록번호】 570214-1011315
【우편번호】 305-755
【주소】 대전광역시 유성구 어은동 한빛아파트 108동 1301호
【국적】 KR
【발명자】
【성명의 국문표기】 이동근
【성명의 영문표기】 LEE, Dong Gun
【주민등록번호】 721213-1906312
【우편번호】 305-335
【주소】 대전광역시 유성구 궁동 과기원아파트 102동 213호
【국적】 KR
【심사청구】 청구
【취지】 특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 이원희 (인)

【수수료】

【기본출원료】 20 면 29,000 원

【가산출원료】 5 면 5,000 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 11 항 461,000 원

【합계】 495,000 원

【감면사유】 정부출연연구기관

【감면후 수수료】 247,500 원

【첨부서류】 1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】**【요약】**

본 발명은 결맞음성이 우수한 고차 조화파 엑스선 광원을 이용하여 극자외선 리소그라피용 광학계의 표면 품질을 검사할 수 있는 바늘구멍 에돌이 간섭계와, 고차 조화파 엑스선을 발생시키는 장치 및 방법에 관한 것이다. 본 발명에서는 결맞는 광원으로 고차 조화파 엑스선 빔을 사용함으로써, 광원을 만들어 내는 장치의 규모를 기존의 방사광 가속기에서 생성된 광원을 이용하는 장치에 비해서 약 100분의 1 수준으로 줄일 수 있었으며, 고출력 펄스 레이저에 의한 드릴링 기술을 사용한 미세 구멍이 뚫린 마이크로 박막을 사용하여 간섭계 장치를 단순화시킴으로써 산업적 효용성을 증대시켰다.

【대표도】

도 5

【색인어】

바늘구멍 에돌이 간섭계, 펄스 레이저, 고차 조화파 엑스선, 위상파면 측정, 결맞음성.

【명세서】**【발명의 명칭】**

고차 조화파 엑스선 발생장치 및 방법, 그리고 고차 조화파 엑스선을 이용한 바늘구멍 에돌이 간섭계 {APPARATUS AND METHOD FOR GENERATING HIGH HARMONIC X-RAY, AND POINT DIFFRACTION X-RAY INTERFEROMETER USING HIGH HARMONIC X-RAY}

【도면의 간단한 설명】

- 도 1은 종래 바늘구멍 에돌이 간섭계의 구조도,
- 도 2는 본 발명에 따른 고차 조화파 엑스선 발생장치의 구조도,
- 도 3은 고출력 펄스 레이저로 생성된 고차 조화파의 극자외선 빛띠,
- 도 4는 고차 조화파 엑스선을 이용한 바늘구멍쌍 간섭 실험결과,
- 도 5는 본 발명에 따른 바늘구멍 에돌이 간섭계의 구조도,
- 도 6은 고차 조화파 엑스선 빔을 이용한 바늘구멍 에돌이 간섭무늬,
- 도 7은 간섭무늬를 이용하여 재구성된 고차 조화파 엑스선 빔의 위상파면,
- 도 8은 위상파면 측정 오차 및 고차 조화파 엑스선 빔의 위상파면 오차.

【발명의 상세한 설명】**【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

- <9> 본 발명은 고차 조화파 엑스선 발생장치 및 방법, 그리고 고차 조화파 엑스선을 이용한 바늘구멍 에돌이 간섭계에 대한 것으로, 보다 상세하게는 결맞음성이 우수한 고차 조화파 엑스선 광원을 발생하고 이를 이용하여 극자외선 리소그라피용 광학계의 표면 품질을 검사할 수 있는 바늘구멍 에돌이 간섭계에 대한 것이다.
- <10> 간섭계란 같은 광원에서 나오는 빛을 적당한 방법으로 둘 또는 그 이상의 광행로로 나누고 그것을 겹쳐서 간섭시켜 그 간섭무늬를 관측하는 장치를 말하는데 간섭계는 주로 파장의 측정, 길이 또는 거리의 정밀한 비교, 광학적 거리의 비교 등에 주로 이용되어 오다가 최근에는 광학계의 표면 품질 등을 검사하기 위한 분야 등으로 그 응용분야가 확대되고 있다.
- <11> 이러한 목적으로 사용되고 있는 간섭계로는 '광가속기에서 생성된 엑스선을 이용한 바늘구멍 에돌이 간섭계' 또는 '백색광선을 이용한 바늘구멍 에돌이 간섭계' 등을 들 수 있다.
- <12> 그러나, 이 중 광가속기에서 생성된 엑스선을 이용한 바늘구멍 에돌이 간섭계는 광원으로써 광가속기에서 생성된 엑스선을 이용하기 때문에 광원을 생성하기 위해서는 필수적으로 방사선 가속기를 이용하여야 하는데, 산업적으로도 거대한 구조의 (수백 미터

크기의 장치) 방사광 가속기는 그 사용에 있어서 많은 제약이 있을 뿐만 아니라 대량의 광학계를 조사하는 것에도 한계가 있다.

<13> 또한, 검사나 측정에 사용되는 간섭계는 광원이 결맞음성을 지녀야 하는데, 상기의 광가속기에서 생성된 엑스선을 이용한 바늘구멍 예들이 간섭계의 경우는 광원의 결맞음성을 향상시키기 위하여 추가의 장치들이 사용되어야 한다는 문제점이 있어 전체 측정 장치의 구조가 복잡해질 뿐만 아니라, 시료에 조사되는 광원의 세기를 상당히 감소시킨다는 문제가 있다.

<14> 한편, Medeck이 등의 미국특허 제5,835,217호 (Phase-shifting point diffraction interferometer)는 도 1에 도시된 바와 같이, 결맞음성을 향상시키기 위한 바늘구멍 장치(1)를 광원과 조사 광학계(3) 사이에 배치하고, 상기 바늘구멍 장치(1)와 조사 광학계(3) 사이에는 빔을 2개로 나누는 장치인 빔 분리기(2)를 배치한 바늘구멍 예들이 간섭계를 개시하고 있다.

<15> 그러나, 이 장치는 바늘구멍 장치(1)를 거친 백색광원을 이용하고 있어 백색광이 갖는 짧은 가간섭거리를 최대 활용함으로써 우수한 간섭무늬(5)를 얻을 수 있다는 장점이 있는 반면, 상기와 같이 광원의 결맞음성을 향상시키기 위한 추가적인 장치인 바늘구멍 장치(1)가 필요하다는 문제점이 있다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<16> 본 발명은 상기의 문제점들을 해결하기 위하여, 추가적인 장치 없이도 결맞는 엑스선 광원인 고차조화파 엑스선을 생성하는 장치 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

<17> 또한, 본 발명은 결맞음성이 우수한 고차조화와 엑스선 광원과 마이크로 박막에 마이크로 미세 구멍을 뚫을 수 있는 고출력 펄스 레이저 드릴링 기술을 이용하여 구조가 매우 간단하면서도 극자외선 리소그래피용 광학계의 표면 품질을 검사할 수 있는 바늘 구멍 에돌이 간섭계를 제공하는 것을 목적으로 한다.

【발명의 구성 및 작용】

<18> 본 발명은 상기의 목적을 달성하기 위해, 고출력 펄스 레이저 발생기(10); 상기 고출력 펄스 레이저 발생기(10)에서 발생하는 펄스 레이저의 에너지 및 빔의 크기를 조절하기 위한 레이저 빔 집속세기 조절기(11); 상기 펄스 레이저 빔을 집속하여 고차조화와 엑스선을 생성하는 아르곤 기체가 채워진 표적(20); 및 상기 아르곤 기체의 압력을 조절하기 위한 기체 압력 조절기(21);로 이루어져 결맞는 고차 조화와 엑스선 빔을 생성하는 것을 특징으로 하는 고차 조화와 엑스선 발생장치를 제공한다.

<19> 또한, 본 발명은 미세 구멍이 있는 박막으로서, 고차 조화와 엑스선 빔의 입사 경로에 수직으로 배치되어, 기준빔과 조사빔인 에돌이빔을 생성하는 간섭계판(30); 및 상기 기준빔과 상기 조사빔의 경로에 배치되어, 이들의 결합에 의해 생성된 간섭무늬를 검출하는 엑스선 검출기(50);로 이루어진 것을 특징으로 하는 고차 조화와 엑스선을 이용한 바늘구멍 에돌이 간섭계를 제공한다.

<20> 또한, 본 발명은 고출력 펄스 레이저 발생기(10)로부터 고출력 펄스 레이저(12)를 아르곤 기체가 채워진 표적(20)에 집속하여 고차 조화와 엑스선을 발생시키는 방법에 있어서, 상기 아르곤 기체의 압력을 조절하고 장파장 영역에서 투과되는 정도가 아

주 적은 엑스선 필터를 이용하여, 소정 차수 이하의 장파장 조화파의 세기를 감소시키는 단계; 상기 고출력 펄스 레이저 빔의 집속세기를 조절함으로써, 상기 소정 차수 이상의 단파장 조화파의 세기를 감소시키는 단계; 및 상기 고출력 펄스 레이저 빔의 크기를 조절하여 상기 소정 차수 부근의 조화파가 위상정합을 이루도록 하는 단계;로 이루어져 결맞는 고차 조화파 엑스선을 생성하는 것을 특징으로 하는 고차 조화파 엑스선 발생 방법을 제공한다.

<21> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다.

<22> 도 2는 본 발명에 따른 결맞는 고차 조화파 엑스선 발생기의 구조도이다. 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 결맞는 고차 조화파 엑스선 발생기는 고출력 펄스 레이저 발생기(10), 레이저 빔 집속세기 조절기(11), 표적(20), 및 기체 압력 조절기(21)로 구성된다.

<23> 본 발명에서는 결맞는 엑스선 광원인 고차 조화파 엑스선을 생성하기 위해서 먼저 레이저 발생기(10)에서 발생한 고출력 펄스 레이저(12)를 아르곤 기체가 채워진 표적(20)에 집속한다. 이와 같이 아르곤 기체에 레이저를 집속하면 레이저 펄스가 갖는 에너지에 의해 아르곤 원자내의 전자가 이동하게 되고, 이러한 과정에서 고차 조화파가 방출하게 되는데 원래 고차 조화파는 펄스 레이저 파장의 홀수 차수마다 생기므로 그 발생 파장폭이 아주 넓다.

- <24> 따라서, 본 발명에서는 엑스선 광의 결맞음 길이를 늘이기 위하여 발생하는 조화파의 차수 범위를 27차를 중심으로 25차에서 29차로 줄임으로써 4 nm 이하의 선폭을 가진 결맞는 엑스선 빔만을 생성시킨다.
- <25> 여기에서, 고차 조화파의 발생 파장 범위를 줄이는 방법은 다음과 같다. 우선 27차보다 긴 파장의 조화파의 세기를 기체 압력 조절기(21)에 의해 기체의 압력을 적절히 조절(중성 기체에 의한 흡수)하고 장파장 영역에서 투과되는 정도가 아주 적은 엑스선 필터를 이용하여 급격히 감소시킨다. 다음으로 27차보다 짧은 파장 영역의 조화파는 레이저 빔 집속세기 조절기(11)에 의해 레이저 빔의 집속세기를 적절히 조절하여 최대 발생 차수를 27차 이하가 되게 함으로써 제거한다. 끝으로 레이저 빔의 집속 조건 (본 발명에서는 입사 레이저 빔의 크기 조절)을 27차 부근의 조화파가 위상정합이 이루어지는 조건으로 맞춤으로써 27차 조화파가 전체 발생하는 조화파 에너지의 소정값 이상을 갖게 할 수 있다.
- <26> 일 실시예로서, 본 발명의 경우 레이저의 펄스폭은 20 펨토초, 레이저 펄스당 에너지는 0.35 mJ로 하고, 길이 4 cm, 지름 350 μm 의 속인 빈 유리관 표적에 아르곤 기체를 채워서 사용하였을 때, 27차 조화파 에너지가 전체 발생하는 조화파 에너지의 68% 이상이 됨을 확인하였다.
- <27> 도 3은 상기와 같이 고출력 펨토초 레이저로 생성된 고차 조화파의 극자외선 빔띠를 도시한 것이다. 이와 같이 단일 차수의 조화파만 집중적으로 발생시키면 전체 조화파 선폭이 좁아지기 때문에 종래 기술에서 사용하고 있는 단색광을 만들기 위한 추가적인 장치가 필요 없이 곧바로 엑스선 간섭계에 이용될 수 있는 장점이 있다.

<28> 도 4는 본 발명에 의해 발생된 고차조화파의 결맞음성을 측정한 결과이다. 본 발명에서는 도 5에 보인 바와 같이 바늘구멍쌍 간섭계를 구성하여 고차 조화파의 결맞음성을 측정하였다. 그 결과, 도 4에서 간섭무늬의 최대값과 최소값과의 차이가 뚜렷이 극명한 대조를 이루기 때문에 (명암비가 1에 가까운 높은 값을 가짐으로써) 고차 조화파 엑스선 빔의 공간적 결맞음성이 아주 훌륭함을 보여준다. 본 발명에 의한 고차 조화파 엑스선 빔의 공간적 결맞음성은 도 4와 같이 간섭무늬의 높은 명암비를 만들기 때문에 간섭무늬의 위치를 정확히 수치적으로 정량화하는데 장점이 있다. 이러한 결맞는 엑스선 광원은 간섭무늬를 이용하는 엑스선 간섭계에 아무런 추가적인 가공이 없이도 곧바로 이용될 수 있음을 확인할 수 있었다. 따라서, 고차 조화파 빔의 우수한 공간적 결맞음성으로 인하여 종래 기술의 하나인 방사광 가속기에서 발생된 엑스선 광원을 이용하는 장치와는 달리 결맞음성 향상을 위한 추가적인 장치가 불필요하게 된다.

<29> 다음은 결맞는 고차 조화파 엑스선을 이용한 바늘구멍 에돌이 간섭계의 구성에 대하여 설명한다. 본 발명에 따른 바늘구멍 에돌이 간섭계는 기본적으로 고차 조화파 엑스선 빔을 받아 2개로 나누는 바늘구멍 에돌이 간섭계판(30)과 간섭무늬를 검출하는 엑스선 검출기(50)로 구성된다.

<30> 도 5는 본 발명에 따른 바늘구멍 에돌이 간섭계의 일실시예를 도시한 것으로, 상기에서 설명한 바 있는 고허력 펄초 레이저 발생기(10)와 고차 조화파 엑스선이 발생되는 표적(20)으로 구성된 고차 조화파 엑스선 발생장치에 의해 생성된 고차 조화파 엑스선 빔을 사용한 예이다. 그러나, 본 발명에서 제안하고 있는 결맞는 고차 조화파 엑스

선 발생장치나 방법 이외에, 다른 방법으로 고차 조화파 엑스선 빔을 생성하는 장치를 더 구비하는 형태로 구현할 수 있음은 당업자에게 자명하다.

<31> 도 5의 실시예는 크게 고출력 펄스 레이저 발생기(10), 고차 조화파 엑스선이 발생하는 표적(20), 빔을 2개로 나누는 바늘구멍 에돌이 간섭계판(30), 엑스선 필터인 알루미늄 필터(40) 및 간섭무늬를 검출하는 엑스선 검출기(50)로 구성된다.

<32> 여기서, 조사할 빔과 기준 빔인 에돌이 빔을 생성시키는 바늘구멍 에돌이 간섭계판(30)은 고출력 펄스 레이저 드릴링 기술을 이용하여 마이크로 박막에 마이크로 구멍을 형성한 것이다. 바늘구멍 에돌이 간섭계판의 제원이나 알루미늄 필터의 제원은 관측할 간섭무늬의 가시도를 최적화하는데 중요한 영향을 미치는데 본 발명에서는 미리 시뮬레이션을 통하여 파면 진행 상태를 확인한 후 결정하였다. 또한, 본 발명에서는 바늘구멍 에돌이 간섭계판(30)을 액츄에이터에 의해 x-y 좌표를 자유롭게 조절할 수 있도록 하였는데, 이와 같이 하면 조화파와 바늘구멍의 상대 위치를 용이하게 조절이 가능하다.

<33> 한편, 바늘구멍 에돌이 간섭계판(30)과 엑스선 검출기(50) 사이에는 엑스선 필터인 알루미늄 필터(40)를 설치할 수 있는데, 이는 레이저광에 의한 노이즈 성분을 제거하는 역할을 담당한다.

<34> 도 6은 알루미늄 필터의 두께를 $1\mu\text{m}$ 로 하고, 간섭계판의 바늘구멍을 $10\mu\text{m}$

로 한 상태에서 측정한 본 발명에 따른 조화파 엑스선 빔을 이용하여 획득한 에돌이 간섭무늬와 가시도를 도시한 것이다. 도 6에서 확인할 수 있듯이 간섭무늬의 최대값과 인접한 간섭무늬의 최소값의 차이에 의해서 결정되는 가시도는 간섭무늬의 전 영역에 걸쳐 50% 이상이 된다.

<35> 도 7은 이러한 간섭무늬 정보를 이용하여 고차 조화파 엑스선 빔의 파면 위상을 재구성한 것이다. 재구성된 파면의 모양은 구면파의 파면모양과 흡사하고 이때의 파면 위상의 반경은 1.19m 임을 알 수 있다. 파면 위상을 알면 고차 조화파 엑스선 빔의 진행에 따른 세기 분포를 알 수 있게 된다. 예를 들면 어떤 엑스선 광학계를 거친 다음에 조화파 빔의 세기분포가 어떻게 변할 것인지에 대한 예측이 가능하게 되는 것이다. 도 7에 표시된 조화파 파면 위상 정보는 엑스선 빔을 이용하는 광학계를 설계하는데 필수적인 빔의 진행 정보를 제공한다.

<36> 도 8은 고차 조화파 엑스선 빔을 생성하기 위한 레이저 빔의 집속 조건에 따른 재구성된 파면의 위상과 구면파와의 파면 위상 차이를 도시한 것이다. 도 8에 있어서, (가)의 경우에는 생성된 고차 조화파 엑스선 빔의 위상 파면이 구면파와 상당히 차이가 나는 경우에 측정된 것으로 구면파와의 위상 차이 값을 본 발명에 따른 고차 조화파 바늘구멍 에돌이 간섭계로 충분히 측정할 수 있음을 보여주며, (나)는 레이저 빔의 집속 조건을 변화시켜 생성된 고차 조화파 엑스선 빔의 위상 파면이 구면파와 흡사하게 한 경우이며, 이때 엑스선 빔의 전 부분에 걸쳐서 $\lambda/15$ 보다 작은 위상차를 보인다. 아주 작은 오차를 가지고 구면파에 가깝게 생성된 고차 조화파 빔은 이러한 빔 자체만으로도

기준 구면파가 될 수 있으므로 측정하고자 하는 극자외선 광학계를 거친 빔의 위상파면이 구면파에 비해서 얼마나 벗어났는지를 측정함으로써 그 극자외선 광학계의 표면 품질에 대해서 알 수 있다. 이는 고차 조화파 엑스선 빔을 가공 없이 곧바로 극자외선 광학계의 표면 품질 측정에 사용할 수 있고 또한 추가적인 장치가 불필요함을 보여준다.

【발명의 효과】

<37> 본 발명에 따르면, 고출력 펄스 레이저를 아르곤 기체가 채워진 표적에 집속하고 적절한 조건을 유지함으로써 결맞는 엑스선 광원인 고차 조화파 엑스선 빔을 생성할 수 있으며, 또 상기의 고차 조화파 엑스선 빔을 사용함으로써 광원을 만들어 내는 장치의 규모를 종래의 방사광 가속기에서 생성된 광원을 이용하는 장치에 비해서 약 100분의 1 수준으로 획기적으로 줄일 수 있어, 종래의 기술에 비해 장치가 매우 간단해지는 관계로 산업적 효용성을 증대시킬 수 있다. 이는 종래의 방사광 가속기에서 나오는 광을 이용할 때 필요로 했던 결맞는 광원을 생성하기 위한 장치들을 사용하지 않고도 구현이 가능하기 때문이다.

<38> 뿐만 아니라 본 발명은 고차 조화파 엑스선 광의 우수한 결맞음성으로 인하여 이를 광원으로 사용하는 바늘구멍 에돌이 간섭계의 성능 또한 우수하다는 장점이 있다.

<39> 본 발명은 상기와 같이 소규모 장치와 우수한 성능으로 인하여 실제 산업계

에 적용 가능한 유용성을 지니고 있으며, 본 발명에 따른 고차 조화파 엑스선 바늘구멍에돌이 간섭계를 이용하면 극자외선 광학계의 표면 품질을 검사하는 것이 가능하다. 이러한 광학계 표면 품질 측정 기술은 앞으로 극자외선 광학계를 제작 공급할 수 있는 기술적 바탕이 될 것이다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

고출력 펄스 레이저 발생기(10);

상기 고출력 펄스 레이저 발생기(10)에서 발생하는 펄스 레이저의 에너지 및 빔의 크기를 조절하기 위한 레이저 빔 집속세기 조절기(11);

상기 펄스 레이저 빔을 집속하여 고차 조화파 엑스선을 생성하는 아르곤 기체가 채워진 표적(20); 및

상기 아르곤 기체의 압력을 조절하기 위한 기체 압력 조절기(21);로 이루어져 결맞는 고차 조화파 엑스선 빔을 생성하는 것을 특징으로 하는 고차 조화파 엑스선 발생장치.

【청구항 2】

제 1 항에 있어서,

상기 고차 조화파 엑스선 빔은, 상기 레이저 빔 집속세기 조절기(11) 및 상기 기체 압력 조절기(21)의 조절에 의하여, 단일 차수의 조화파가 집중적으로 발생되도록 한 것임을 특징으로 하는 고차 조화파 엑스선 발생장치.

【청구항 3】

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 펄스 레이저의 펄스폭은 약 20 펄스초이고, 펄스당 에너지는 약 0.35 mJ인 것을 특징으로 하는 고차 조화파 엑스선 발생장치.

【청구항 4】

미세 구멍이 있는 박막으로서, 고차 조화파 엑스선 빔의 입사 경로에 수직으로 배치되어, 기준빔과 조사빔인 에돌이빔을 생성하는 간섭계판(30); 및

상기 기준빔과 상기 조사빔의 경로에 배치되어, 이들의 결합에 의해 생성된 간섭무늬를 검출하는 엑스선 검출기(50);로 이루어진 것을 특징으로 하는 고차 조화파 엑스선을 이용한 바늘구멍 에돌이 간섭계.

【청구항 5】

제 4 항에 있어서,

상기 간섭계판(30)은, 고출력 펄스 레이저에 의한 드릴링 기술을 사용하여 미세 구멍을 뚫은 마이크로 박막인 것을 특징으로 하는 고차 조화파 엑스선을 이용한 바늘구멍 에돌이 간섭계.

【청구항 6】

제 4 항 또는 제 5 항에 있어서,

고출력 펄스 레이저 발생기(10);

상기 고출력 펄스 레이저 발생기(10)에서 발생하는 펄스 레이저의 에너지 및 빔의 크기를 조절하기 위한 레이저 빔 집속세기 조절기(11);

상기 펄스 레이저 빔을 집속하여 고차 조화파 엑스선을 생성하는 아르곤 기체가 채워진 표적(20);

상기 아르곤 기체의 압력을 조절하기 위한 기체 압력 조절기(21);로 이루어진 고차 조화파 발생장치를 더 포함하여, 상기 고차 조화파 엑스선 빔을 생성하는 것을 특징으로 하는 고차 조화파 엑스선을 이용한 바늘구멍 에돌이 간섭계.

【청구항 7】

제 6 항에 있어서,

상기 고차 조화파 엑스선 빔은, 상기 레이저 빔 집속세기 조절기(11) 및 상기 기체 압력 조절기(21)의 조절에 의하여, 단일 차수의 조화파가 집중적으로 발생되도록 한 것임을 특징으로 하는 고차 조화파 엑스선을 이용한 바늘구멍 에돌이 간섭계.

【청구항 8】

제 7 항에 있어서,

상기 간섭계판(30)과 상기 엑스선 검출기(50) 사이에 수직으로 배치되어, 상기 펄스 레이저광에 의한 노이즈 성분을 제거하는 엑스선 필터(40)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 고차 조화파 엑스선을 이용한 바늘구멍 에돌이 간섭계.

【청구항 9】

제 8 항에 있어서,

상기 펄스 레이저의 펄스폭은 약 20 펄스이고, 펄스당 에너지는 약 0.35 mJ인 것을 특징으로 하는 고차 조화파 엑스선을 이용한 바늘구멍 에돌이 간섭계.

【청구항 10】

제 9 항에 있어서,

상기 간섭계판(30)은 액츄에이터에 의하여 x-y 축상으로 이동이 가능한 것을 특징으로 하는 고차 조화파 엑스선을 이용한 바늘구멍 에돌이 간섭계.

【청구항 11】

고출력 펄스 레이저 발생기(10)로부터 발생된 고출력 펄스 레이저(12)를 아르곤 기체가 채워진 표적(20)에 집속하여 고차 조화파 엑스선을 발생시키는 방법에 있어서,

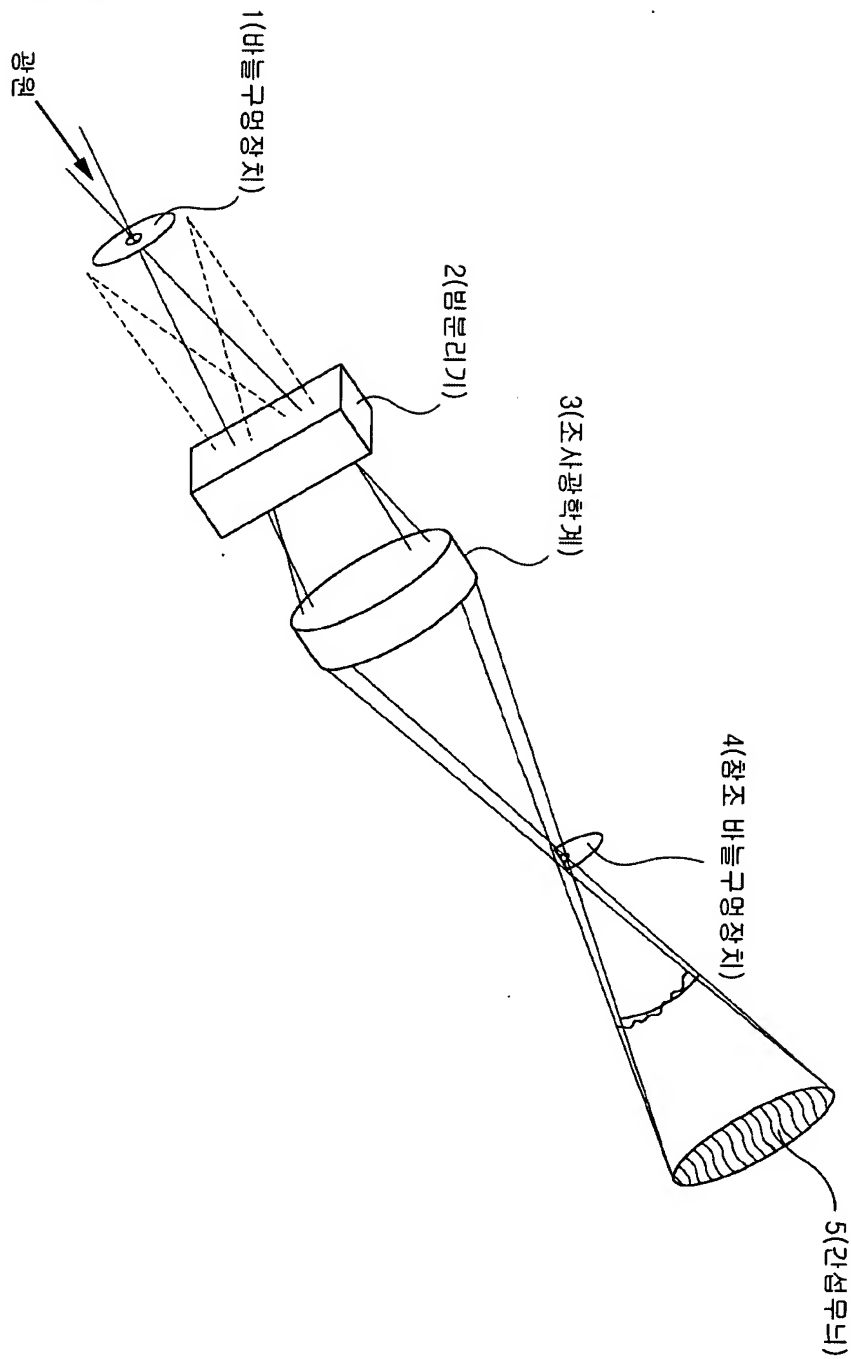
상기 아르곤 기체의 압력을 조절하고 장파장 영역에서 투과되는 정도가 아주 적은 엑스선 필터를 이용하여, 소정 차수 이하의 장파장 조화파의 세기를 감소시키는 단계;

상기 고출력 펄스 레이저 빔의 집속세기를 조절함으로써, 상기 소정 차수 이상의 단파장 조화파의 세기를 감소시키는 단계; 및

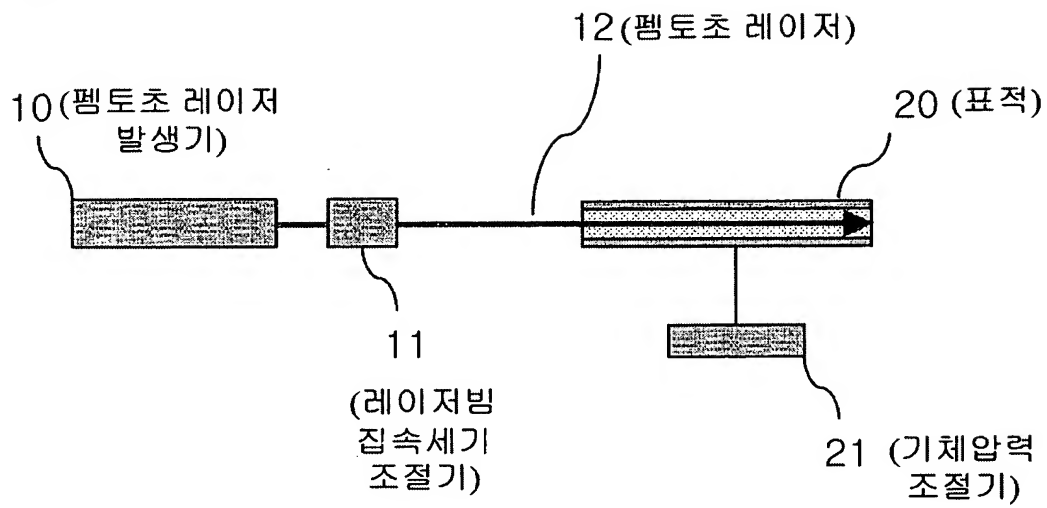
상기 고출력 펄스 레이저 빔의 크기를 조절하여, 상기 소정 차수 부근의 조화파가 위상정합을 이루도록 하는 단계;로 이루어져 결맞는 고차 조화파 엑스선을 생성하는 것을 특징으로 하는 고차 조화파 엑스선 발생방법.

【도면】

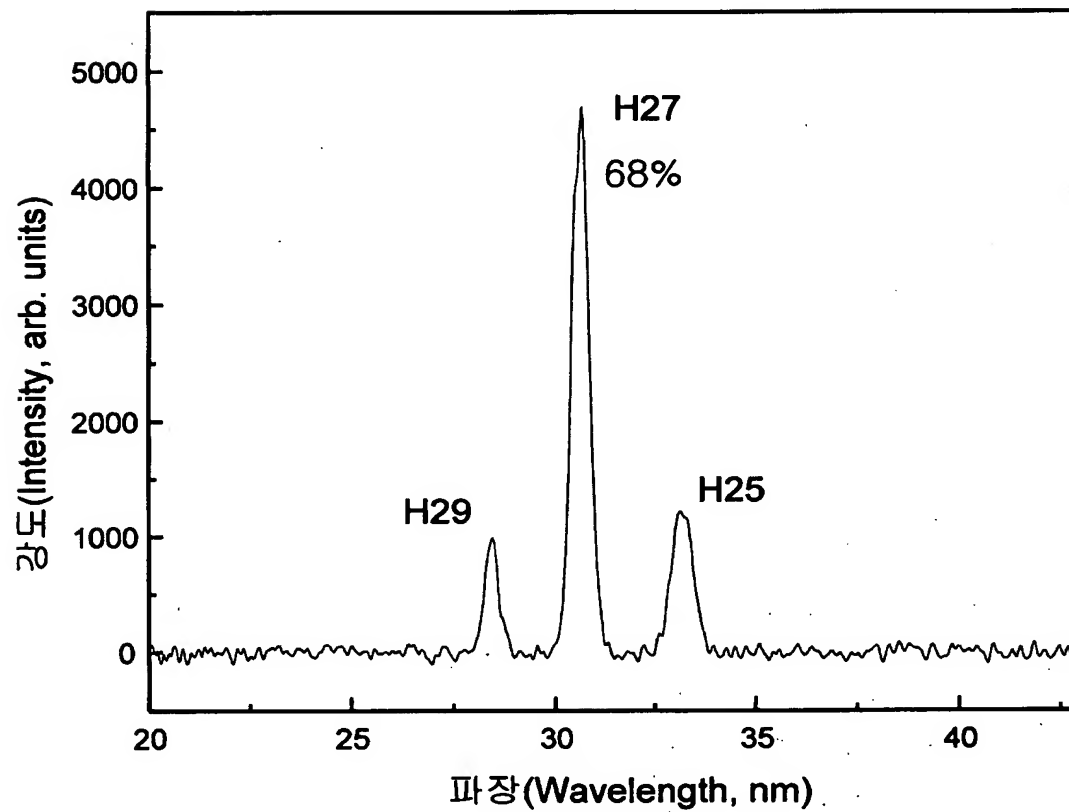
【도 1】



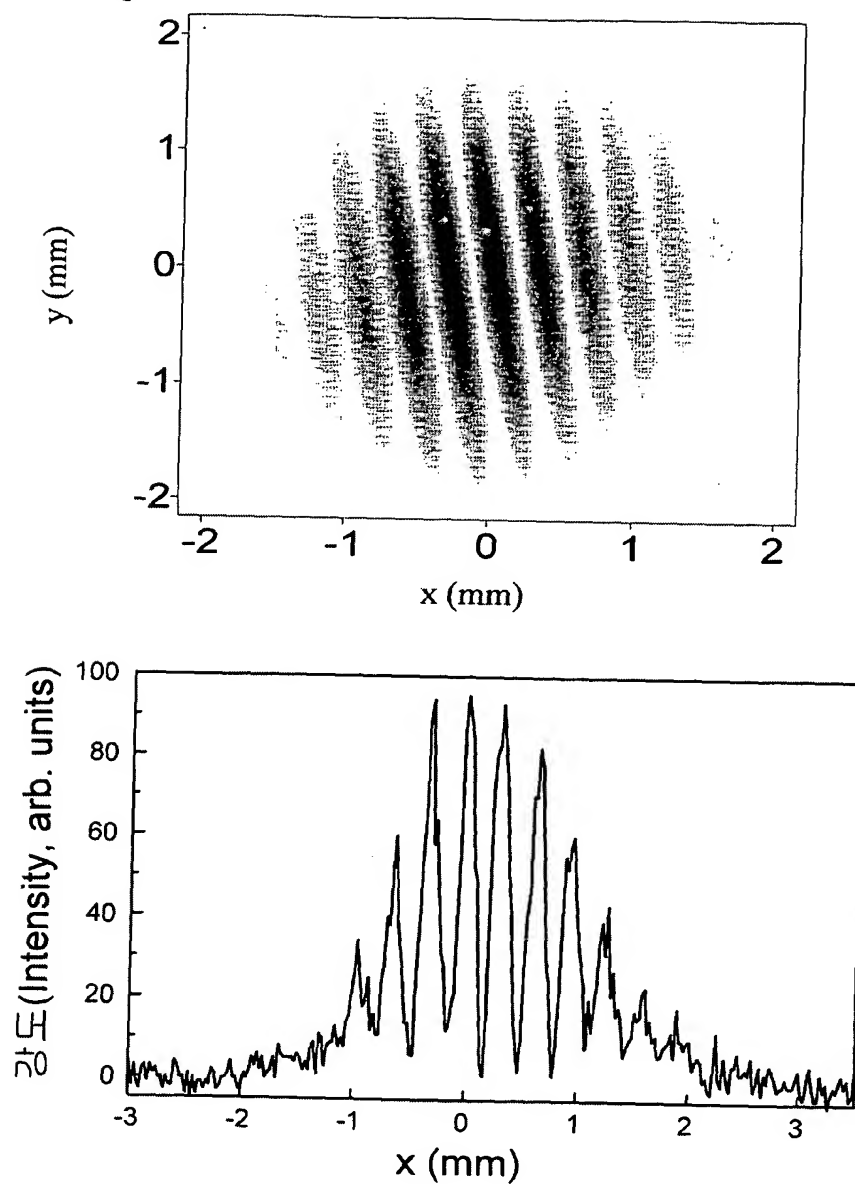
【도 2】



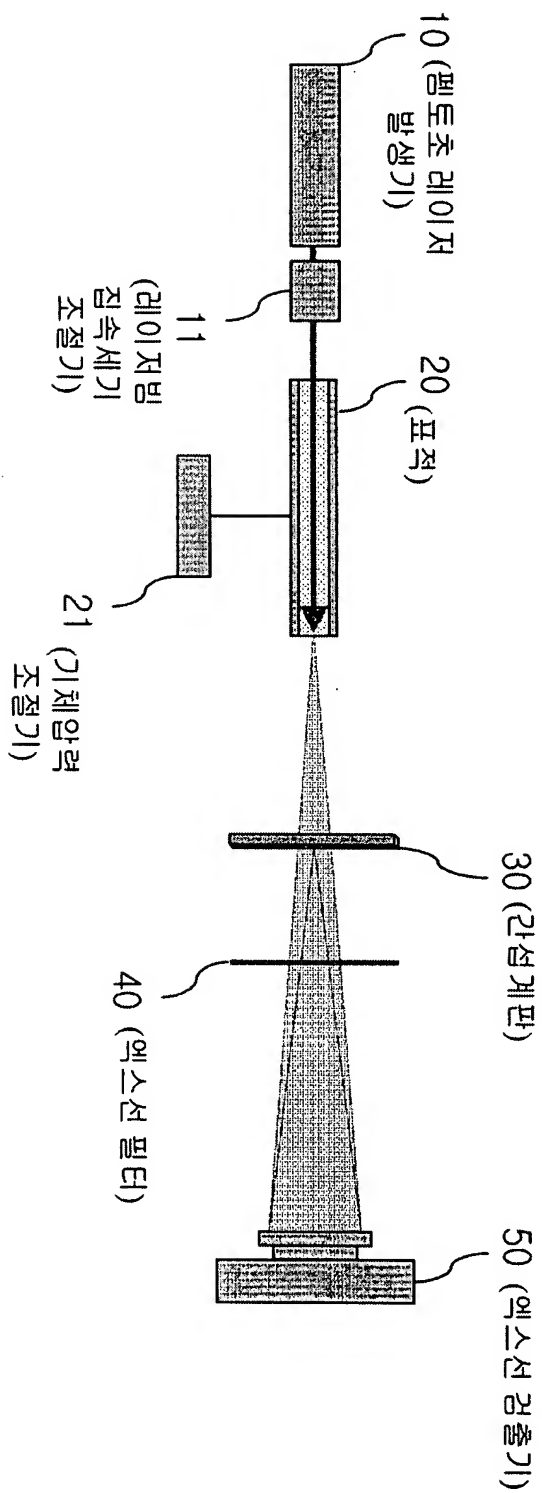
【도 3】



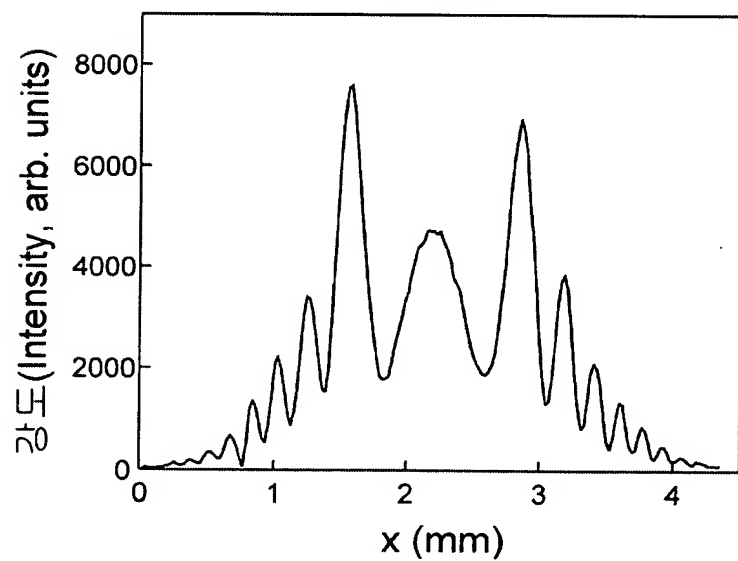
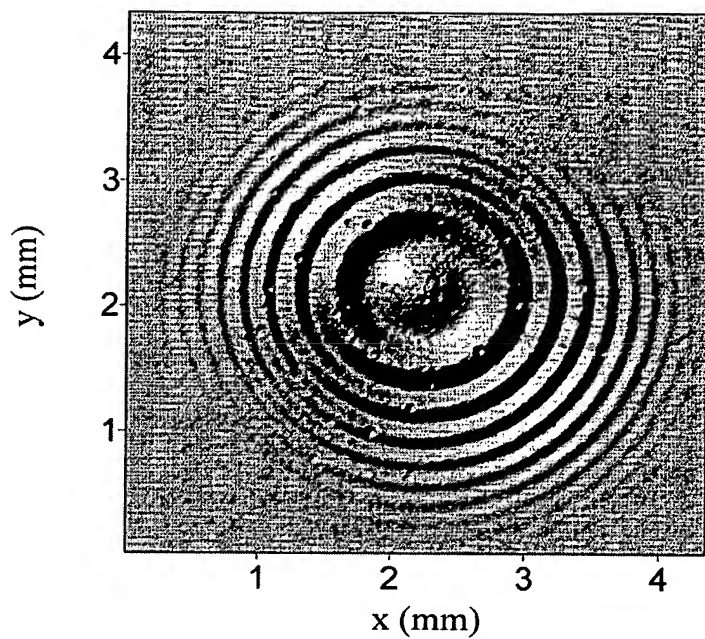
【도 4】



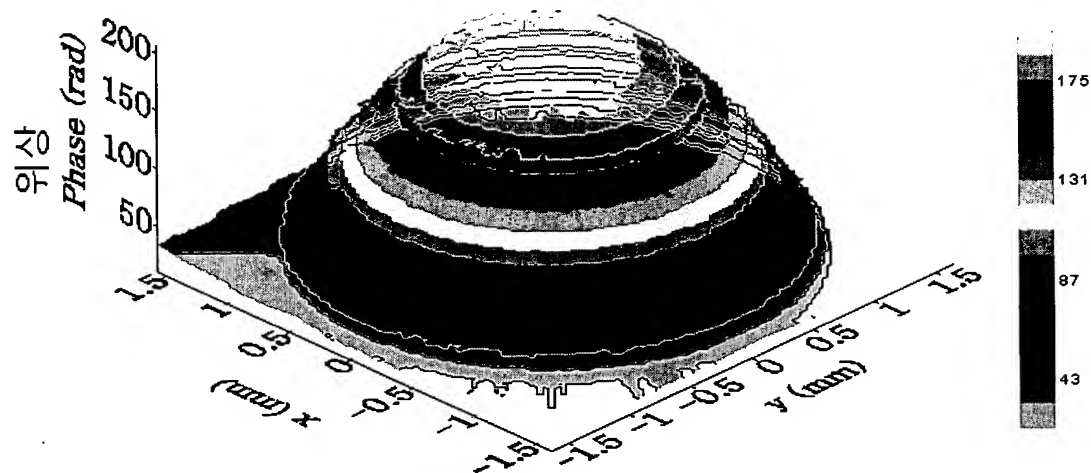
【도 5】



【도 6】



【도 7】

파면 반경(Wave-front radius) $R = 1.19 \text{ m}$ 

【도 8】

